

## ¿Cómo es el universo según docentes de ciencias y otros profesionales?

**Berenice Larios de Rodríguez**

Fundación Amigos de la Astronomía y Planetario de Barranquilla (Barranquilla, Colombia)

**Concesa Caballero Sahelices**

Universidad de Burgos (Burgos, España)

**Marco Antonio Moreira**

Universidade Rio Grande do Sul (Porto Alegre, Brasil)

[berenicelarios02@yahoo.com](mailto:berenicelarios02@yahoo.com)

Recibido: marzo 31 de 2008

Arbitrado y aceptado: julio 28 de 2008

### Resumen

*El artículo hace referencia a los logros alcanzados en una investigación realizada en dos etapas; una exploratoria, desde la cual se caracterizaron las representaciones mentales de docentes de ciencias sobre el universo y los elementos que incluyeron en los modelos cosmológicos que lo explican y otra experimental, donde se aplicó una estrategia metodológica inspirada en los puntos de encuentro de las teorías de los modelos mentales de Johnson-Laird y de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud, cuyo objetivo fue promover la evolución de las representaciones mentales acercando a los representantes a un mayor nivel de conocimiento sobre las teorías y modelos cosmológicos recientes. El trabajo se hizo con una muestra no estratificada de docentes de ciencias que frecuentan los espacios académicos del Planetario de Barranquilla, encontrando cómo incide la ecología conceptual de los sujetos en la evolución de sus representaciones.*

**Palabras clave:** Modelo mental, representaciones mentales, representaciones externas, modelo cosmológico.

## How is the universe according to teacher of sciences and other professionals?

### Abstract

*This article told about an study made in two stages; an exploratory one, from which we characterized the mental representations about the universe of science teachers and the elements that explain the universe included by them in their cosmological models; and the other one experimental, where we applied a methodological strategy inspired by common points of the theories of the mental models of Johnson-Laird and of the conceptual fields of Gérard Vergnaud whose objective was to promote the evolution of those mental representations bringing those who built representations near to a greater level of knowledge on the theories and recent cosmological models. The work was done with a sample stratified not science teacher who frequent spaces academics Planetarium Barranquilla, finding how affects the ecology conceptual of the subjects in the evolution of their performances.*

**Key words:** Mental model, mental representations, cosmological model, extern representations.

## Introducción

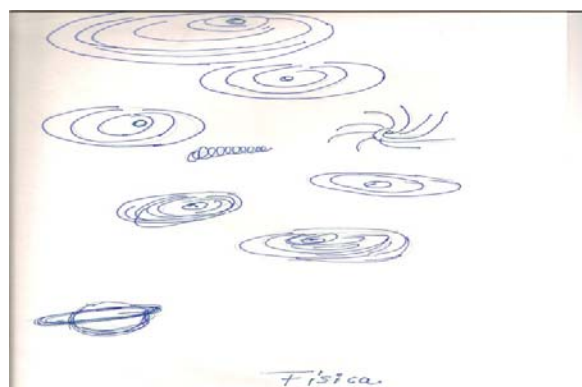
Tres referentes teóricos enfocaron la presente investigación en sus dos etapas: desde la Ciencia Cognitiva, las teorías de los Modelos Mentales de Johnson-Laird y de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud; y, desde la cosmología, las teorías más recientes sobre el universo, en particular la teoría del Modelo Cosmológico Estándar.

En la primera etapa de la investigación, se caracterizaron representaciones externas sobre el universo elaboradas por profesores de ciencias en ejercicio y en formación, profesores de otras áreas del conocimiento, profesionales no docentes y sujetos no profesionales que frecuentan los espacios académicos que desde la educación no formal e informal brinda el Planetario de la ciudad de Barranquilla en Colombia, sus características, los elementos incluidos en los modelos cosmológicos y las relaciones entre éstos establecidas; con el propósito de conocer si el grado y características de la educación formal recibida establecía alguna diferencia entre las representaciones del universo realizadas por los sujetos involucrados en la investigación, dadas la diversidad de profesiones y oficios.

Los resultados de la etapa exploratoria plantearon un problema de fondo cuando se encontró que, para el caso del universo, las representaciones más completas desde el punto de vista de los elementos incluidos y las relaciones entre ellos establecidas, no fueron exclusivas de quienes desde la educación formal adquirieron un acervo científico relacionado con las leyes y principios que subyacen detrás de los modelos cosmológicos aceptados por la comunidad científica; por el contrario, personas cuya formación profesional estaba relacionada con la Física y las Ciencias Naturales, representaron universos cuyos elementos y relaciones los ubicó en grupos de menor desarrollo (Véase imagen 1).

Frente a esta situación, en una segunda etapa de la investigación (etapa experimental), se diseñó y aplicó una estrategia metodológica a cinco docentes de Ciencias Sociales y Ciencias Naturales, con el propósito de promover evolución en sus representaciones a través del enriquecimiento conceptual.

El objetivo de la estrategia era doble; en principio llegar a conocer el grado de comprensión que sobre el universo tienen los docentes y el dominio conceptual de las teorías, leyes y principios que subyacen detrás de los modelos; y, posteriormente, encontrar la forma de acercarlos a una mayor aprehensión de modelos cosmológicos científicamente aceptados, incorporando en el discurso y la práctica profesional de los docentes una visión cosmológica más coherente con los avances científicos y tecnológicos de la época, que les posibilitara implementar su enseñanza y promover su aprendizaje en los niños, niñas y jóvenes de los diferentes niveles de la educación.



**Imagen 1.** Representaciones del universo generadas por profesionales con formación en física

## Algunos elementos del referente teórico

**Modelos Mentales De Johnson-Laird.** La teoría de los modelos mentales es una tercera forma de constructo representacional que surge en la literatura psicológica, propuesta entre otros por Johnson-Laird(1983), quien supone que no se aprehende el mundo directamente sino a partir de las representaciones que de éste se construyen en la mente; para el autor, entender un sistema físico o un fenómeno natural implica tener un modelo mental del sistema que le permita a la persona que lo construye explicarlo y hacer predicciones respecto a él (op.cit. pp. 430)

Los modelos mentales son análogos estructurales de estados de cosas del mundo, son instrumentos de comprensión e inferencia y tienen estructura interna; esto es, están compuestos de elementos y relaciones; se construyen a partir de

elementos básicos que el autor denomina primitivos conceptuales, los cuales son innatos y están organizados en una cierta estructura; pueden ser básicamente proposicionales o imaginarios, o contener proposiciones e imágenes; concibe además la existencia de primitivos procedimentales innatos.

No debe haber en los modelos mentales elementos sin función ni significado, lo cual quiere decir que, frente a una determinada situación, los elementos que son elegidos para interpretarla, así como las relaciones percibidas o concebidas entre ellos, determinan una representación interna que actúa como sustituto de esa situación. Al manipular internamente esos sustitutos, ciertas propiedades del sistema, así como las relaciones no explícitas entre sus componentes, pueden ser leídas, inferidas directamente (Moreira y Greca, 2004). Ello permite resaltar la potencialidad de la teoría de los modelos mentales en el estudio de los procesos de construcción, elaboración conceptual de los individuos. Así, al conocer qué elementos involucran en la representación mental que tienen sobre un determinado evento (en el caso específico de los modelos cosmológicos) y qué relaciones establecen entre esos elementos, es posible inferir el estado de desarrollo conceptual de los individuos.

**Los campos conceptuales de Gérard Vergnaud.** En su teoría, Vergnaud (1982), supone que el conocimiento se encuentra organizado en Campos Conceptuales de los cuales el sujeto se apropia a través de largos periodos de tiempo, de tal manera que nuevos problemas y nuevas propiedades relacionadas con éste deben ser entendidas a lo largo de varios años si queremos que los individuos las dominen progresivamente. Para el autor, los Campos Conceptuales son un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento conectadas unos a otros y, probablemente enlazadas durante el proceso de adquisición. La conceptualización es la piedra angular de la cognición; es decir, el conocimiento se articula en torno a los conceptos, lo que exige prestar mucha atención a los aspectos conceptuales de los esquemas y al análisis conceptual de las situaciones para las cuales los estudiantes desarrollan sus esquemas en la escuela o fuera de ella. En la óptica de Vergnaud (1998), esto quiere

decir que:

- Un concepto no se forma dentro de un solo tipo de situaciones
- Una situación no se analiza con un solo concepto
- La construcción y apropiación de todas las propiedades de un concepto o de todos los aspectos de una situación es un proceso de largo aliento que se extiende a lo largo de los años, a veces una decena de años, con analogías y mal entendidos entre situaciones, conceptos y procedimientos significantes.

Hay que resaltar que lo que Vergnaud releva y analiza es la evolución de concepciones y prácticas de los individuos y de los grupos en esas situaciones para lo cual, como ya se dijo, da mucha importancia a la variedad de situaciones en las que hay que utilizar los conceptos o reclaman su uso. Elemento clave en la estrategia metodológica aplicada pues su objetivo era lograr alguna evolución en las representaciones mentales de los maestros, cuyas representaciones externas del universo fueron analizadas y caracterizadas en la etapa exploratoria de la investigación

#### **Puntos de encuentro entre las dos teorías.**

Basados en el trabajo de Greca y Moreira (2003):

- Existe en ambos una concepción biológica del proceso cognitivo: Johnson – Laird adopta el concepto de selección natural y Vergnaud utiliza el concepto piagetiano de adaptación; ambos conceptos guardan relación con el concepto de evolución.
- Ambos autores dan a los contenidos del conocimiento en sí mismo un papel preponderante en el desarrollo conceptual de los individuos; los dos autores otorgan al sujeto papel activo en el proceso de elaboración conceptual al aceptar que además de la acción éste aporta sus sentimientos.
- Para Vergnaud, la variedad de situaciones ejercen un papel decisivo en la evolución, enriquecimiento conceptual del individuo y para Johnson – Laird el conocimiento es el resultado de lo que tenemos instalado en nuestro sistema nervioso y producto también de la experiencia.
- Ambos relevan el papel de los conceptos y su construcción.

#### **Dinámica metodológica**

La aplicación de la estrategia se hizo por etapas; en primera instancia se priorizó tanto el *enriquecimiento conceptual* como el *análisis crítico*

de documentos, videos, situaciones concretas que fueron desvelando la realidad conceptual de los individuos; posteriormente se examinó la funcionalidad, validez y recursividad de los modelos como elementos que posibilitaron al docente volver al modelo, revisarlo, contrastarlo y verificar su coherencia con los modelos científicamente aceptados.

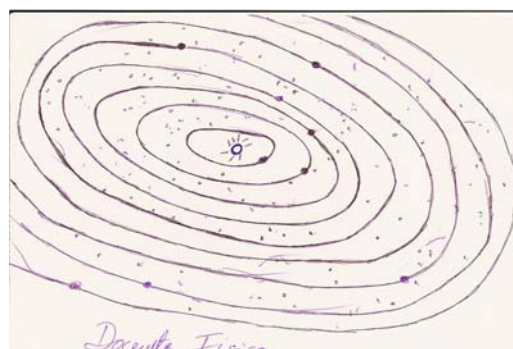
Desde Agosto de 2004 hasta Abril de 2006, se desarrollaron las actividades programadas para las diferentes etapas, en 17 encuentros de cuatro horas o más de acuerdo con las circunstancias. El proceso desarrollado se inició con el análisis crítico, individual y colectivo, sobre los elementos conceptuales y las relaciones incluidas en las representaciones externas del universo para conocer si lo que en la etapa exploratoria se identificó como modelo mental lo era en realidad, si esos modelos mentales tenían alguna estabilidad cognitiva y si indicaban el estado real de desarrollo conceptual de los individuos involucrados en la investigación.

Este proceso inicial permitió aproximarse a ese referente conceptual que hay detrás de cada una de las representaciones externas de los universos; la socialización les exigiría poner de manifiesto la coherencia argumentativa y validez científica de sus representaciones, además de los sentimientos y afectos que el sujeto tiene con éstas<sup>1</sup>, lo que proporcionó indicios para conocer si los sujetos construyeron modelos ad hoc o eran éstos modelos más estables fruto de la combinación y recombinación de los primitivos conceptuales de Johnson- Laird.

Se precisan ideas claras sobre los principios, leyes y teorías que subyacen detrás de los modelos cosmológicos validados a lo largo de la historia de la ciencia; así que era necesario incluir en la estrategia espacios para el enriquecimiento conceptual de los sujetos (Véase imagen 2).

Se entregó a los docentes documentos previamente elaborados, artículos relacionados con el tema del universo, seleccionados de revistas especializadas, para su lectura individual y puesta

en común; se realizaron conferencias y debates en torno a temas específicos y se proyectaron videos.



**Imagen 2.** Representaciones pictóricas de universos realizadas por miembros del grupo

El entrenamiento teórico en términos de cómo se han consolidado los modelos cosmológicos, las teorías que subyacen detrás de éstos y algunos rasgos de sus generadores, es un proceso que permite a los representantes aclarar muchos conceptos, entender relaciones entre éstos y por lo mismo retener mayor información conceptual y generar soluciones creativas para los problemas que enfrentan. En el enriquecimiento conceptual no sólo se trabajaron temas relacionados con el universo sino temas colaterales que atraviesan el día a día del docente. Se debía poner a prueba la funcionalidad y validez de los modelos; al colocar a los sujetos en la necesidad de rodar sus modelos para explicar situaciones y problemas, permitiéndoles conocer sus limitaciones en cuanto a su poder explicativo, se está obligándoles a incluir en éstos algunos elementos y desechar otros de acuerdo con su funcionalidad ante las situaciones que tiene que explicar. Con Vergnaud (1983) asumimos que la aprehensión de un modelo del universo científicamente válido requiere de tiempo suficiente y de un sin número de situaciones cuya variedad y riqueza posibilite a los sujetos construir representaciones y transformar las que tienen de acuerdo con su funcionalidad frente a las explicaciones e inferencias que haya que hacer en una determinada situación.

Con fundamento en las consideraciones expuestas, se formularon nuevas preguntas. Si tuviese que explicar a sus alumnos la existencia de agujeros negros o la existencia de otros sistemas

<sup>1</sup> La efusividad del sujeto en la sustentación de la representación realizada y los elementos incluidos, permitía hacerse idea sobre el comprometimiento del docente con la representación externa realizada.

planetarios, ¿Cómo lo haría desde su representación?, ¿Cómo lo haría utilizando el Modelo Estándar del Universo?

### Análisis y resultados

La traza del proceso de evolución conceptual de los individuos fue elaborada con base en: los conceptos y relaciones entre éstos; argumentos teóricos manejados en la explicación de los fenómenos y situaciones enfrentados, estabilidad.

Los resultados de la etapa exploratoria mostraron que representar externamente el universo que tienen en sus mentes era una situación que los profesores antes no habían enfrentado, esto es, estaban frente a una situación nueva que requirió de ellos procesos meta cognitivos en cuanto debían externalizar, a través de una representación lingüística, pictórica o de ambos formatos, su imagen del universo nunca antes requerida; desde el referente teórico, se lidiaría entonces con modelos mentales, los cuales actúan frente a una situación nueva y no con los esquemas conceptuales que responden a patrones comunes a través de invariantes, evocándose frente a situaciones similares, lo que les dota de estabilidad.

Desde las teorías de Johnson-Laird (1983) y Gérard Vergnaud (1993), se debían encontrar modelos de universos cuyos elementos y relaciones incluidas mostraran concordancia con la ecología conceptual de sus representantes; sin embargo, como ya se dijo, los modelos de universo revelaron divergencia frente a los resultados esperados, hecho que permitió a los investigadores formular los siguientes juicios:

- Temas relacionados con el Cosmos son poco abordados en la vida escolar y profesional del individuo, lo que significa que las representaciones mentales de los sujetos no han evolucionado por efecto de la educación formal porque no han sido requeridos para abordar, resolver, explicar fenómenos, eventos, situaciones y temas relacionados con el universo; por esto:
- Representaciones externas y posibles modelos mentales que estarían por detrás de éstas, de personas de diversa formación profesional y diferente nivel educacional fueron similares en su contenido y en las relaciones establecidas entre los elementos que involucraron;
- Representaciones externas y posibles modelos mentales subyacentes a éstas, de personas con

formación profesional en ciencias o afines no fueron los que mostraron mayor coherencia con los modelos cosmológicos recientes; y,

- Representaciones externas de universos cuyos elementos y relaciones denotaron mayor nivel de conceptualización eran de personas cuya afición o ejercicio profesional los ha puesto en la necesidad de estudiar, aprender, abordar situaciones y hechos relacionados con el universo.

Entonces, si la ecología conceptual de los individuos (para el tema del universo), no guarda correspondencia con las representaciones externas que éstos entregaron, ¿sería posible inferir que es en la evolución de las representaciones donde ésta incide, posibilitándola u obstaculizándola?

La estrategia experimentada mostró diversidad en el proceso evolutivo de las representaciones; esto es, la efectividad de ésta no se dio con la misma intensidad en todos los miembros del grupo<sup>2</sup>, lo cual está de acuerdo con lo supuesto; esto es, que la ecología conceptual es determinante en la evolución conceptual de los individuos; además, las condiciones laborales, el contexto, saltó a la vista como uno de los elementos determinantes en el enriquecimiento conceptual de los individuos conjuntamente con la necesidad de aprendizaje que éstos pudieran tener frente al tema considerado. La necesidad impulsa el interés y ambos determinan el comportamiento (actitud) del docente frente a las actividades programadas en el desarrollo del acompañamiento. Podría afirmarse con Ausubel (1993), que el interés es determinante para el aprendizaje significativo de los sujetos.

### Conclusión

La aplicación de la estrategia metodológica permitió conocer cómo y qué tanto evolucionan las representaciones mentales de los sujetos, los factores que gravitan en torno al proceso de evolución-enriquecimiento y la conceptualización que los fundamenta; re-conocer con los autores señalados, que la evolución-transformación de las representaciones mentales de los sujetos es un

---

<sup>2</sup> Se diseñaron lecturas sobre: modelos cosmológicos a través de la historia, Albert Einstein, Annus Mirabilis Albert Einstein, el hombre, teorías del aprendizaje (Texto publicado de coautoría de la investigadora) y modelos mentales.



proceso no sólo parsimonioso, como lo expresa Vergnaud, sino complejo, pues en él intervienen tanto la ecología conceptual de los sujetos como el interés, necesidad, actitud frente a la profesión y condiciones del contexto, entre otros.

Teniendo en cuenta que los modelos mentales pueden ser considerados como conocimiento funcional pues éstos reflejan la comprensión que tiene el individuo de un evento, situación, sistema..., de cómo funciona y por qué funciona de esa manera, hay que admitir que la formación en ciencias ofrecida a los estudiantes en los diferentes niveles de la educación en nuestro país, no les posibilita elaborar modelos mentales y mucho menos esquemas conceptuales sobre el universo científicamente válidos, en particular, la educación en ciencias ofrecida a los universitarios en profesiones relacionadas con las Ciencias Naturales, no desvela diferencia entre sus representaciones sobre el universo y las representaciones de otros profesionales no formados al temple de las llamadas ciencias duras

De acuerdo estos resultados y resultados de otras investigaciones realizadas<sup>3</sup>, las teorías desarrolladas a lo largo del pasado siglo, no han logrado cruzar el umbral de las aulas de las instituciones educativas de los diferentes niveles de la educación en nuestro país; aunque parece, por resultados de investigaciones hechas en otros contextos y latitudes, que esta es una debilidad común que tiene la educación científica mundial.

Aunque parece no trascendental, la anterior inferencia tiene mucha importancia si se tiene en cuenta que detrás de los modelos cosmológicos actuales subyace un espectro del conocimiento científico desarrollado a lo largo del siglo XX, cuyas leyes, principios y teorías desafortunadamente no hacen parte del acervo científico con que egresan los educandos en los diferentes niveles de la educación.

Es preciso resaltar que el acompañamiento de la investigadora en el crecimiento conceptual de los profesores puso de relieve todo un espectro de

factores que gravitan en torno al quehacer docente en el aula<sup>4</sup>, factores que vienen siendo señalados reiteradamente desde hace más de dos décadas como determinantes en el desempeño profesional del docente<sup>5</sup>, los cuales deberían ser tenidos en cuenta si se desea que las políticas educativas en torno a la calidad de la educación, que actualmente implementa el gobierno de nuestro país, alcancen las metas propuestas.

### Referencias bibliográficas

- AUSUBEL, D. y otros (1993). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México. Trillas.
- BRUSH, S. G. (1992). Cosmología, teorías y observaciones. *Investigación y Ciencia* No. 193, pp. 26-33.
- BUCHER, M. A y SPERGEL, D. N. (1999). Inflación en un universo de baja densidad. *Investigación y Ciencia*. N° 270, pp. 30-37.
- BUZÁN, T. y BUZÁN, B. (1996). *El libro de los mapas mentales. Cómo utilizar al máximo las capacidades de la mente*. Barcelona: Urano.
- CALDWELL, R. y KAMIONKOWSKI, M. (2001). Ecos de la Gran Explosión. *Investigación y Ciencia*. No. 294, pp. 58-63.
- CRAIK, K. (1963). *The nature of explanations*. Cambridge: University express.
- CRAIG, J. L. y otros. (1999). Exploración del espacio tiempo mediante supernovas. *Investigación y Ciencia*. N° 270, pp. 8-13.
- FREIRE, P. (1994). *Cartas a quien pretende enseñar*. México. Editores siglo XXI.
- GRECA, I. M. y MOREIRA, M. A. (2003). *Sobre cambio conceptual, obstáculos representacionales, modelos mentales, esquemas de asimilación y campos*

---

<sup>3</sup> Exploración y análisis de las representaciones que sobre el universo tienen docentes de ciencias, los elementos que incluyen en los modelos cosmológicos que lo explican y las relaciones entre éstos establecidas. Larios y Caballer (2004)

---

<sup>4</sup> Para los docentes, las condiciones de trabajo siguen presentándose como uno de los elementos de des estímulo que sumado a los bajos salarios, al poco o ningún tiempo que en las instituciones educativas se destina para que los docentes estudien, investiguen, se reúnan, conformen colectivos, la poca estima que directivos y administrativos dan a las labores distintas a dictar clases, constituye un panorama poco atractivo en cuanto a la búsqueda de procesos didácticos innovadores en el marco de una enseñanza científica, tecnológica y socialmente actualizada.

<sup>5</sup> Schiefelbeim(1994), Tudesco(2004), Freire(1994).

- conceptuales*. Instituto de Física. Universidad Río Grande do Sul.
- JAMES, P. y PEEBLES, E. (2001). El sentido de la cosmología. *Investigación y Ciencia*. N° 294, pp. 80-81.
- JOHNSON-LAIRD, P. (1983). *Mental model*. Cambridge, Harvard University Press.
- KRAUSS, L. M. (1987). Materia oscura del universo. *Investigación y Ciencia*. N° 125, pp. 30-41.
- KRAUSS, L. M. (1999). Antigravedad cosmológica. *Investigación y Ciencia*. N° 272, pp. 23-29
- KRAUSS, L. M. (2003). The history and fate of the universe. A guide to the accompany the Contemporary Physics Education. Project cosmology chart. *The Physics Teacher*. 41(3), pp.146-155.
- LARIOS, B y CABALLERO, C. (2004). Análisis y caracterización de las representaciones mentales que sobre el universo tienen docentes de ciencias que frecuentan el Planetario de Barranquilla, los elementos que incluyen en los modelos cosmológicos que lo explican y las relaciones entre éstos establecida. Tesina. Uniburgos. España.
- MAGUEIJO, J. (2001). Una nueva teoría del universo. *Investigación y Ciencia*. N° 294, pp. 82-83. Barcelona.
- MOREIRA, M. A. (2003). La teoría de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud, la Enseñanza de las Ciencias y la investigación en el área. Instituto de Física. Universidad Río Grande do Sul.
- MOREIRA, M. A, y GRECA, I. M. (2004). Sobre cambio conceptual, obstáculos representacionales, modelos mentales, esquemas de asimilación y campos conceptuales. Instituto de Física. Universidad Federal do Río Grande do Sul, Brasil.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, B. (1999). *Aprendiendo a Aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- ONTORIA, A. (2005). Los mapas conceptuales, otra forma de aprender. *Revista Internacional Magisterio*. N° 18, pp. 22-26. Bogotá.
- VERGNAUD, G. (1990). *Théorie des Champs Conceptuels*. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. pp. 131-165.